

УДК 631.356.26

О.Ю. Скальський, В.М. Барановський, д-р. техн. наук., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИЛИ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ

O.Ju. Skalsky, V.M. Baranovsky, Dr., Prof.

MATHEMATICAL MODEL OF THE DIGGING FORCE OF CHICORY ROOT CROPS

Створення робочих органів, які б забезпечували непошкодження та задовільну повноту збирання коренеплодів сільськогосподарських культур, є дуже актуальною проблемою. Для її вирішення слід розрахувати витяжну силу, необхідну для викопування (витягування) коренеплоду з ґрунту без його пошкодження.

Для проведення теоретичних досліджень сили викопування необхідно провести моделювання просторової форми коренеплодів цикорію, умови взаємодії між коренеплодом і ґрунтом, а також врахувати фізико-механічні властивості ґрунту.

Схему для розрахунку сили викопування коренеплодів цикорію в загальному випадку наведено на рисунку, при цьому просторову форму коренеплоду цикорію представлено у вигляді конічної гладкої просторової поверхні.

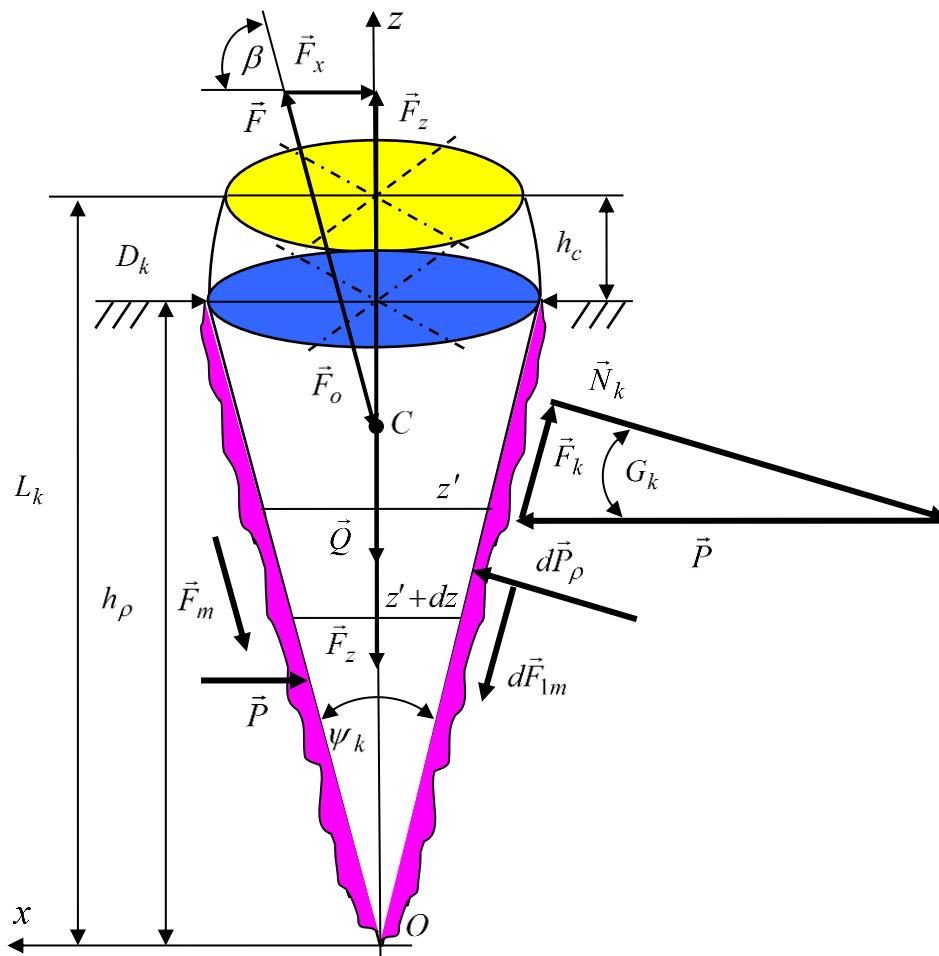


Рисунок. Схема для розрахунку сили вкопування
конічних гладких коренеплідів

Віднесемо тіло коренеплоду з налиплим на його поверхні ґрунтом до системи

координат xOz та позначимо сили, які діють на нього в процесі викопування: \vec{F} – сила викопування коренеплоду з ґрунтового середовища (Н); \vec{F}_o – сила опору витягування коренеплоду з ґрунтового середовища (Н), яка розкладається на силу опору \vec{F}_z (Н) вертикальному переміщенню коренеплоду та силу опору \vec{F}_x (Н) горизонтальному переміщенню коренеплоду. Тому що викопування коренеплоду відбувається за поступального руху комбінованого копака в напрямку осі Ox , тоді сила викопування \vec{F} буде направлена протилежно силі опору \vec{F}_o та відхилена від вертикалі (осі Oz) на кут β .

Витягування коренеплоду з ґрунтового середовища в загальному випадку описується першою залежністю (1), а умова викопування коренеплоду з ґрунтового середовища без пошкодження – другою залежністю (1)

$$F \geq \frac{F_z}{\cos \beta} + \frac{m_k(g + \ddot{z})}{\cos \beta}; \quad F \leq \frac{[F_x]}{\sin \beta} + \frac{m_k \ddot{x}}{\beta}, \quad (1)$$

де m_k – маса коренеплоду, кг; \ddot{x} – прискорення коренеплоду, м/с²; ψ_k – кут конуса росту коренеплоду, град.

Проте у других доданках $\frac{m_k(g + \ddot{z})}{\cos \psi_k}$ і $\frac{m_k \ddot{x}}{\sin \psi_k}$ нерівності (1) не враховано масу налиплого ґрунту m_n (кг) на поверхні тіла коренеплоду цикорію, які мають доволі значні довжини L_k , по яких розподіляється додаткова маса m_n , що буде вносити суттєві корективи в значення сили опору F_o витягування коренеплоду з ґрунтового середовища.

Якщо зробити припущення, що сила викопування \vec{F} , яка направлена протилежно силі опору \vec{F}_o , відхилена від вертикалі (осі Oz) на кут $\psi/2$, тоді нерівності (1) можна записати у наступному вигляді

$$F \geq \frac{F_z + (m_k + m_n)(g + \ddot{z})}{\cos(\psi_k/2)}; \quad F \leq \frac{[F_x] + (m_k + m_n)\ddot{x}}{\sin(\psi_k/2)}. \quad (2)$$

Після відповідного визначення складових залежностей (2), перетворення та спрощення одержано математичні моделі, які характеризують:

- загальну умову викопування коренеплодів цикорію з ґрунтового середовища

$$F \geq 2P \cos(\psi_k/2) [tg(\psi_k/2) - f_m] + \frac{\pi}{3 \cos(\psi_k/2)} (\rho_k [h_c (0,75 D_k^2 - h_c^2) + 0,25 D_k^2 (L_k - h_c)] + (0,5 D_k + \delta) \rho h_\rho \delta) (g + \ddot{z}); \quad (3)$$

- умову викопування коренеплоду з ґрунтового середовища без його пошкодження

$$F \leq \frac{1}{\sin(\psi_k/2)} \left\{ [P] + \frac{\pi}{3} \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) \left(\rho_k [h_c (0,75 D_k^2 - h_c^2) + 0,25 D_k^2 (L_k - h_c)] + (0,5 D_k + \delta) \rho h_\rho \delta \right) \right\}, \quad (4)$$

де ψ_k – кут конуса росту коренеплоду, град.; ρ_k , ρ – питома маса тіла коренеплоду та ґрунту, г/см³; δ – товщина шару налиплого ґрунту, м; D_k – діаметр коренеплоду, м; L_k – довжина коренеплоду, м; h_c – висота головки коренеплоду, м; h_ρ – висота налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплоду, м;

За усередненого значення кута конуса росту $\psi_k = 18$ град. сила викопування F коренеплодів з умови їх непошкодження становить приблизно 32,5...33 Н.